



DOI: <https://doi.org/10.15688/NBIT.jvolsu.2023.2.1>

УДК 544
ББК 24.5



ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК НА ТЕПЛОПРОВОДНЫЕ СВОЙСТВА ТЕРМОПАСТ

Денис Дмитриевич Мовчан

Студент, кафедра судебной экспертизы и физического материаловедения,
Волгоградский государственный университет
NMTb-191_127925@volsu.ru
просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация

Наталья Павловна Борознина

Доктор физико-математических наук, профессор,
кафедра судебной экспертизы и физического материаловедения,
Волгоградский государственный университет
boroznina.natalya@volsu.ru
просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация

Александр Григорьевич Ткачев

Доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой техники и технологии производства нанопродуктов,
Тамбовский государственный технический университет
nanotam@yandex.ru
ул. Советская, 106/5, 392000 г. Тамбов, Российская Федерация

Аннотация. Многие промышленные секторы требуют эффективной теплопередачи для обеспечения безопасной и эффективной работы оборудования. Термопасты – это материалы, используемые для улучшения теплопередачи между различными поверхностями. В этом исследовании было изучено влияние углеродных нанотрубок [1; 2] на теплопроводные свойства термопаст. В работе был проведен эксперимент для оценки термической стабильности и улучшения характеристик термопаст при добавлении углеродных нанотрубок. Эффективная передача тепла имеет важное значение во многих промышленных отраслях для обеспечения безопасной и эффективной работы оборудо-

вания. Термопасты являются материалами, применяемыми для улучшения теплопередачи между различными поверхностями. Результаты исследования показали, что добавление углеродных нанотрубок позволяет улучшить распределение и передачу тепла, что существенно повышает эффективность и надежность работы многих устройств. Полученные результаты подчеркивают потенциал углеродных нанотрубок как многообещающей добавки для улучшения теплопроводных свойств термопаст в различных приложениях.

Ключевые слова: термопаста, углеродные нанотрубки, теплопроводность, взаимодействия, структурная модификация, наноэлектроника и микросистемная техника.

В последнее время в области электроники и микроэлектроники стали широко применяться углеродные нанотрубки (УНТ) благодаря своим уникальным физическим и химическим свойствам. Одной из областей, где УНТ могут быть применены, является теплопроводность. В данной статье рассмотрено влияние УНТ на теплопроводные свойства термопаст [1; 2; 4–6].

Термопасты – это материалы, которые применяются для улучшения теплопроводности между двумя поверхностями, например, между процессором и радиатором в персональном компьютере. Хорошая термопаста должна обеспечивать хорошую теплопроводность, быть стабильной в различных условиях эксплуатации и не иметь токсичных компонентов.

Углеродные нанотрубки обладают высокой теплопроводностью, что делает их потенциально привлекательными для применения в качестве добавок в термопасты. Несмотря на это, вопрос о том, как УНТ влияют на теплопроводность термопаст, до сих пор остается открытым [3].

В этом исследовании было проведено экспериментальное исследование теплопроводности термопаст с добавками УНТ. В эксперименте использовалась термопаста КПТ-8

плотностью 2,6 г/см² и теплопроводностью 0.7 Вт/мК ввиду хорошего соотношения цена/качество/количество. Термопаста была нанесена на алюминиевый блок пластиковым шпателем, толщина слоя на каждом из радиаторов зависела от разницы в высоте между самой высокой и самой низкой точки, а именно 0,06–0,08 мм. Тепловой поток был измерен при комнатной температуре.

Центральные процессоры, на которых проводились тестирования:

1) Intel(R) Core(TM) i3-2120 CPU @ 3.30GHz; TDP 65W;

2) Pentium(R) Dual Core E6800 @ 3.30GHz; TDP 65W.

Условия тестирования:

1) замеры температуры производились в программе AIDA64 с настройками, показанными на рисунке 1;

2) время нагрузки на процессор – 15 минут;

3) между тестами разных образцов процессор остывал в течение 10 минут;

4) температура фиксировалась в начале тестирования, спустя 3 минуты, 5 минут, 10 и 15 минут;

5) частота процессора и обороты вентилятора в процессе тестирования не изменялись.

Для установления оптимальной концентрации УНТ брались в следующих concentra-

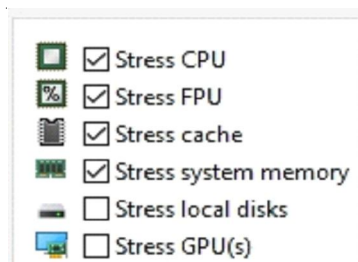


Рис. 1. Настройки программы, при которых проводились замеры температуры при тестировании процессоров

циях для образцов весом в 1 грамм (данные обозначения также указаны на рисунках 2–3):

- 1) Конц₀ – термопаста без добавления УНТ;
- 2) Конц₁ – термопаста с добавлением 0,05 % УНТ;
- 3) Конц₂ – термопаста с добавлением 0,1 % УНТ;
- 4) Конц₃ – термопаста с добавлением 0,5 % УНТ.

Углеродные нанотрубки механически перемешивались в объеме термопасты. Во всех

случаях, кроме концентрации 3, наблюдалось равномерное распределение УНТ (рис. 2).

Результаты исследования показали, что термопаста с добавками УНТ имеет более высокую теплопроводность, чем термопаста без добавок. Это говорит о том, что УНТ могут быть эффективно использованы в качестве добавок для улучшения теплопроводности термопаст. На графиках (рис. 3 и рис. 4) видно, что термопасты с концентрациями 0,05 % и 0,1 % стабильнее справляются с распределением и отведением тепла.

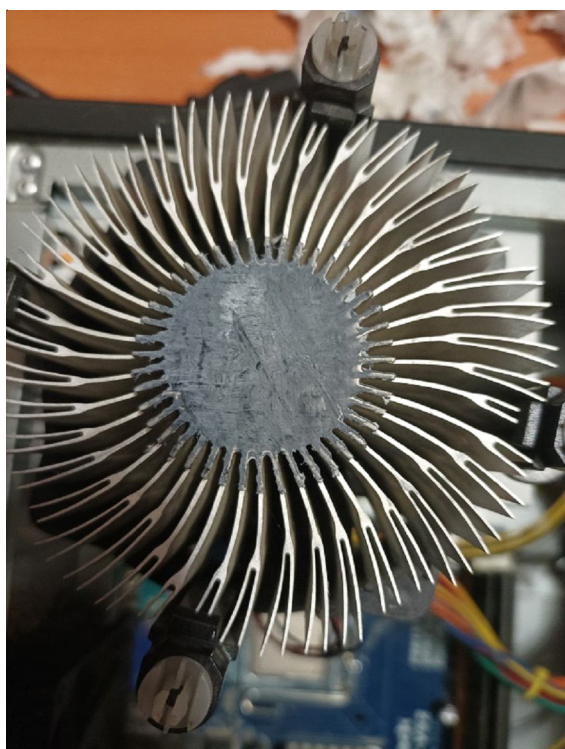


Рис. 2. Зоны группировки УНТ (Конц₃) при нанесении термопасты на кулер

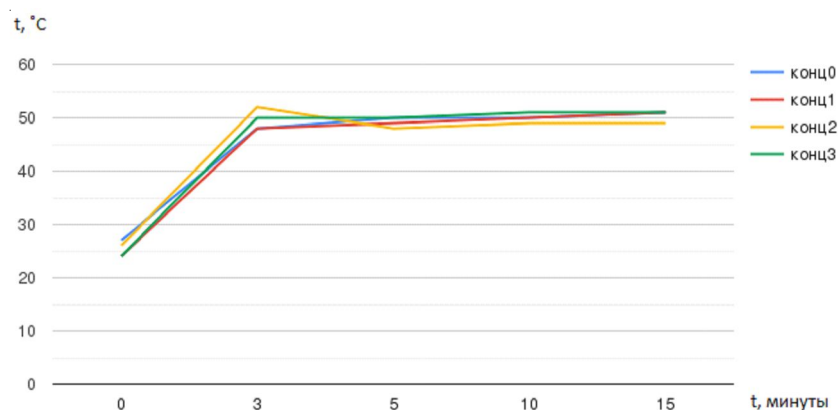


Рис. 3. График изменения температуры в течение заданного времени процессора Intel(R) Core(TM) i3-2120 CPU @ 3.30GHz TDP 65W при нанесении термопасты с различной концентрацией УНТ

циях для образцов весом в 1 грамм (данные обозначения также указаны на рисунках 2–3):

- 1) Конц₀ – термопаста без добавления УНТ;
- 2) Конц₁ – термопаста с добавлением 0,05 % УНТ;
- 3) Конц₂ – термопаста с добавлением 0,1 % УНТ;
- 4) Конц₃ – термопаста с добавлением 0,5 % УНТ.

Углеродные нанотрубки механически перемешивались в объеме термопасты. Во всех

случаях, кроме концентрации 3, наблюдалось равномерное распределение УНТ (рис. 2).

Результаты исследования показали, что термопаста с добавками УНТ имеет более высокую теплопроводность, чем термопаста без добавок. Это говорит о том, что УНТ могут быть эффективно использованы в качестве добавок для улучшения теплопроводности термопаст. На графиках (рис. 3 и рис. 4) видно, что термопасты с концентрациями 0,05 % и 0,1 % стабильнее справляются с распределением и отведением тепла.

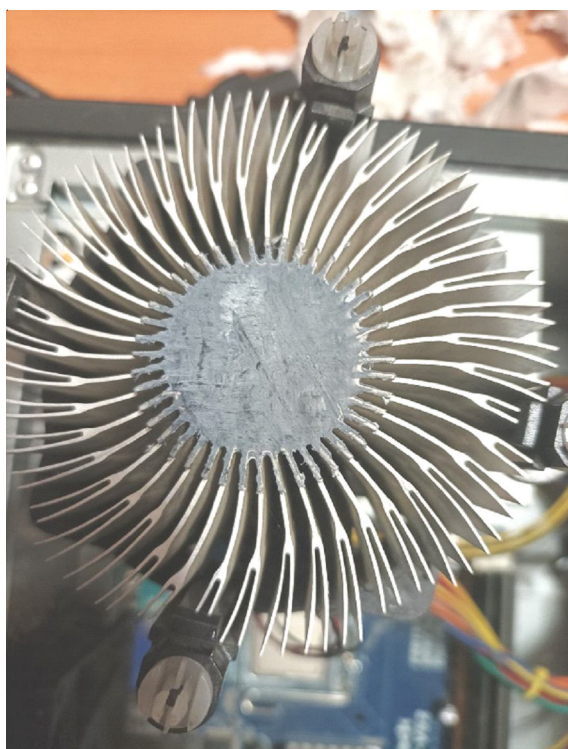


Рис. 2. Зоны группировки УНТ (Конц₃) при нанесении термопасты на кулер

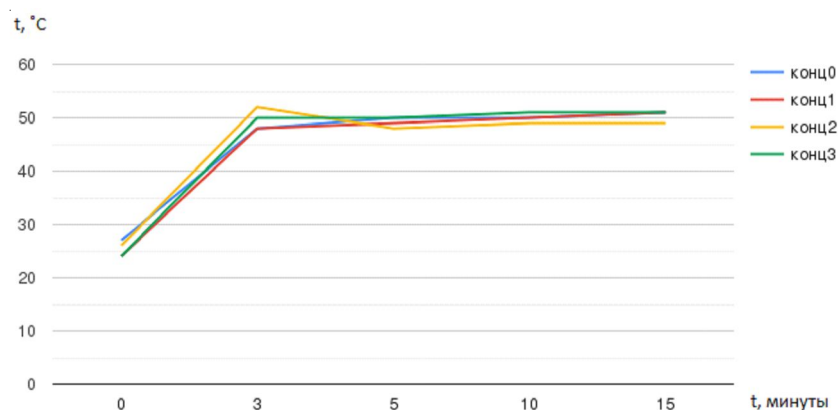


Рис. 3. График изменения температуры в течение заданного времени процессора Intel(R) Core(TM) i3-2120 CPU @ 3.30GHz TDP 65W при нанесении термопасты с различной концентрацией УНТ

Research in Applied Science and Engineering Technology. – 2018. – № 6. – P. 5075–5079. – DOI: 10.22214/ijraset.2018.4827

6. Thermal Transport Measurements of Individual Multiwalled Nanotubes / P. Kim, L. Shi, A. Majumdar, P. L. McEuen // Phys. Rev. Lett. – 2001. – № 87. – P. 215–502.

REFERENCES

1. Dyachkov P.N. *Uglerodnye nanotrubki: stroenie, svoystva, primeneniya* [Carbon Nanotubes: Structure, Properties, Applications]. Moscow, Binom Publ., 2006. 293 p.

2. Lozovik Yu.E., Popov A.M. *Svoystva i nanotehnologicheskie primeneniya nanotrubok* [Properties and Nanotechnological Applications of

Nanotubes]. *Uspehi fizicheskikh nauk* [Wiley Physical Sciences], 2007, vol. 177, pp. 786–799.

3. Cheung K.Y., Segawa Y., Itami K. Synthetic Strategies of Carbon Nanobelts and Related Belt-Shaped Polycyclic Aromatic Hydrocarbons. *Chemistry*, 2020, vol. 26(65), pp. 14791–14801. DOI: 10.1002/chem.202002316

4. Karousis, N., Tagmatarchis N., Tasis D. Current Progress on the Chemical Modification of Carbon Nanotubes. *Chemical Reviews*, 2010, vol. 110, pp. 5366–5397.

5. Rajwant. K. Carbon Nanotubes: A Review Article. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, 2018, vol. 6, pp. 5075–5079. DOI: 10.22214/ijraset.2018.4827

6. Kim P., Shi L., Majumdar A., McEuen P.L. Thermal Transport Measurements of Individual Multiwalled Nanotubes. *Phys. Rev. Lett.*, 2001, vol. 87, pp. 215–502.

STUDY OF INFLUENCE OF CARBON NANOTUBES ON THERMAL CONDUCTIVE PROPERTIES OF THERMAL PASTES

Denis D. Movchan

Student, Department of Forensic Examination and Physical Materials Science,
Volgograd State University
NMTb-191_127925@volsu.ru
Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation

Natalia P. Boroznina

Doctor of Sciences (Physics and Mathematics), Professor,
Department of Forensic Examination and Physical Materials Science,
Volgograd State University
boroznina.natalya@volsu.ru
Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation

Alexander G. Tkachev

Doctor of Sciences (Engineering), Professor,
Head of the Department of Engineering and Manufacturing Technology of Nanoproducts,
Tambov State Technical University
nanotam@yandex.ru
Sovetskaya St, 106/5, 392000 Tambov, Russian Federation

Abstract. Many industrial sectors require efficient heat transfer to ensure safe and efficient operation of equipment. Thermal pastes are materials used to improve heat transfer between different surfaces. Recently, carbon nanotubes (CNTs) have become widely used in the field of electronics and microelectronics due to their unique physical and chemical properties. One of the areas where CNTs can be applied is thermal conductivity. In this study, the effect of carbon nanotubes on the thermal conductive properties of thermal pastes was investigated. In this paper, an experiment was conducted to evaluate the thermal stability and performance

improvement of thermal pastes by adding carbon nanotubes. KPT-8 thermal paste with a density of 2.6 g/cm³ and thermal conductivity of 0.7 W/mK was used in the experiment. Thermal pastes are materials used to improve heat transfer between different surfaces. The results of the study showed that thermal paste with CNT additives has higher thermal conductivity than thermal paste without additives. This indicates that CNTs can be effectively used as additives to improve the thermal conductivity of thermal pastes. But when CNTs are used as additives in thermal pastes, certain problems may arise, such as the grouping of CNTs in the mass of the substance. This can lead to an uneven distribution of CNTs in the thermal paste and, as a consequence, to inhomogeneous thermal conductivity. The results emphasize the potential of carbon nanotubes as a promising additive for improving the thermal conductive properties of thermal pastes in various applications.

Key words: thermal paste, carbon nanotubes, thermal conductivity, interactions, structural modification, nanoelectronics and microsystem technology.